



Устройства детектирования  
на основе  
сцинтилляционных  
кристаллов бромида лантана  
( $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ ) и  
спектрометрические системы



---

**НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ  
БРОМИДА ЛАНТАНА  $\text{LaBr}_3:(\text{Ce})$**

# Устройство детектирования сцинтилляционное с цифровой обработкой сигнала УДС-ГЦА-В380

**Модели:** УДС-ГЦА-В380-25x25-RS-BT1, УДС-ГЦА-В380-38x38-RS-BT1

## Особенности

- Кристалл  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$   $\varnothing 38 \times 38$  мм или  $\varnothing 25 \times 25$  мм
- Цифровая обработка сигнала.
- Питание от сети или от аккумулятора.
- Связь с компьютером по RS, USB или по Bluetooth.
- Расширенный температурный диапазон.



## Основные технические характеристики УДС-ГЦА-В380



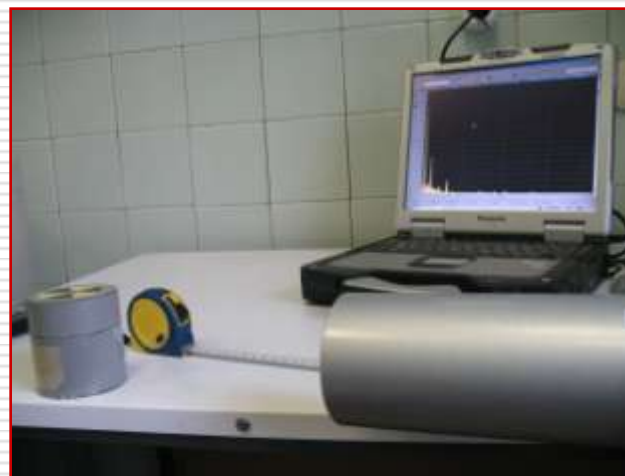
Диапазон измеряемых энергий	0,05 ... 3 МэВ 0,05 ... 2 МэВ
Относительное энергетическое разрешение	не более 3,0%
Интегральная нелинейность	не более 0,3%
Временная нестабильность	не более 0,3%
Максимальная нагрузка	не менее $2,5 \times 10^5 \text{ с}^{-1}$
Время непрерывной работы от аккумулятора	не менее 10 ч
Интерфейс линии связи	RS-232, RS-485, USB, Bluetooth
Скорость передачи по последовательному каналу	от 9,6 до 115,2 кбит/с
Степень пылевлагозащиты	IP54
Рабочий диапазон температур	-20 .. +50 °C
Масса	не более 1,6 кг
Габаритные размеры	Ø79×376 мм

## Основная область применения УДС-ГЦА-В380

### Спектрометр энергии гамма-излучения портативный Гамма-1С/НВ1-02

#### Назначение

- определение изотопного состава гамма-излучающих радионуклидов;
- определение активности источников в упаковочных комплектах (в контейнерах);
- определение активности открытых источников точечной геометрии;
- определение степени обогащения соединений урана;
- определение удельной активности в протяженных объектах;
- определение мощности дозы гамма-излучения;
- Расчет эффективности в сложных геометриях измерений.



# Радиометр-спектрометр универсальный портативный с кристаллом $\text{LaBr}_3(\text{Ce})_{38 \times 38}$ «МКС-А03L»

## Назначение

- Поиск радиоактивных источников ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $n$ ).
- Измерение мощности дозы ( $\gamma$ ,  $n$ ).
- Измерение плотности потока ( $\alpha$ ,  $\beta$ ).
- Идентификация радионуклидов ( $\gamma$ ).
- Контроль за перемещением ядерных и радиоактивных материалов.
- Мониторинг территорий.

## Применение

- на таможенных пунктах пропуска;
- в передвижных радиологических лабораториях;
- на предприятиях ядерного цикла;
- на военных объектах;
- на АЭС.



# Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03L

## Особенности

- прибор сбалансирован по руке;
- режим управления одним пальцем;
- встроенная библиотека нуклидов, рекомендованная МАГАТЭ;
- классификация нуклидов по типам: специальные, медицинские, промышленные, натуральные;
- интерфейс передачи данных по RS или по Bluetooth.



## Детекторы

- Нейтронный счётчик на основе  $^3\text{He}$ ;
- Счётчик Гейгера-Мюллера;
- Сцинтилляционный детектор на основе кристалла  **$\text{LaBr}_3(\text{Ce})$** ;
- Внешний альфа-бета-детектор БДС-АБ2;
- Внешний широковолновой нейтронный детектор БДН-06.

## Основные метрологические характеристики МКС-А03

Вид излучения, измеряемая величина	Диапазон измерения	Энергетический диапазон излучения	Основная погрешность
γ, МЭД	0,1 – 10 <sup>2</sup> мкЗв/ч	0,05 – 3 МэВ	20%
	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>4</sup> мкЗв/ч		30%
п, МЭД (встроенный дет.)	1 – 10 <sup>3</sup> мкЗв/ч	Pu-Be источник	40%
п, МЭД (внешний дет.)	1 – 10 <sup>4</sup> мкЗв/ч	10 <sup>-3</sup> – 14 МэВ	30%
α, плотность потока	1 – 10 см <sup>-2</sup> мин <sup>-1</sup>	3 – 10 МэВ	40%
	10 – 5×10 <sup>3</sup> см <sup>-2</sup> мин <sup>-1</sup>		20%
β, плотность потока	2 – 2×10 см <sup>-2</sup> мин <sup>-1</sup>	0,3 – 3 МэВ	40%
	2×10 – 5×10 <sup>3</sup> см <sup>-2</sup> мин <sup>-1</sup>		20%

Относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения с энергией 662 кэВ (Cs-137), %, не более

3,0%

Максимальная входная статистическая загрузка гамма-канала, с<sup>-1</sup>, не менее

2,5×10<sup>5</sup>



# Устройство детектирования сцинтилляционное с цифровой обработкой сигнала УДС-ГЦ-В380

**Модели:** УДС-ГЦ-В380-25x25-RS485, УДС-ГЦ-В380-38x38-RS485



## Особенности

- Кристалл  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$   
Ø38×38 мм или  
Ø25×25 мм
- Цифровая обработка сигнала
- Связь с компьютером по RS-485, RS-232, USB
- Питание внешнее +5В



## Основные технические характеристики УДС-ГЦ-В380

Диапазон регистрируемых энергий	0,05 ... 3 МэВ 0,05 ... 2 МэВ
Относительное энергетическое разрешение	не более 3,0%
Интегральная нелинейность	не более 0,3%
Временная нестабильность	не более 0,3%
Максимальная загрузка	не менее $2,5 \times 10^5 \text{ с}^{-1}$
Интерфейс линии связи	RS-485, RS-232, USB
Скорость передачи по последовательному каналу	от 9,6 до 115,2 кбит/с
Степень пылевлагозащиты	IP54
Рабочий диапазон температур	0 ... +50 °С

## Основная область применения УДС-ГЦ-В380

### Установка паспортизации РАО «СКГ-02-02»

#### Назначение

- Идентификация радионуклидов
- Определение удельной активности
- Автоматическая классификация РАО



- Автоматическое измерение веса контейнера с РАО.
- Контроль МЭД от измеряемых РАО.

#### Применение

- Классификация РАО в местах их образования и переработки



## Основные технические характеристики СКГ-02-02

Количество спектрометрических трактов	3
Диапазон регистрируемых энергий	0,05 ... 3 МэВ 0,05 ... 2 МэВ
Относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения с энергией 662 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ )	не более 3,0%
Нижние границы измерений удельной активности ( $P=0,95$ ) для времени измерения 10 мин.	$^{137}\text{Cs}$ : 25 Бк/кг $^{60}\text{Co}$ : 20 Бк/кг
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности ( $P=0,95$ )	$\pm 30\%$
Диапазон измерения МЭД гамма-излучения	$(0,1 \dots 1 \times 10^5) \text{ мкЗв/ч } \pm 20\%$
Электропитание установки	$\sim 220 / \sim 380 \text{ В}$
Диапазон рабочих температур	$+5 \dots +40 \text{ }^\circ\text{C}$
Геометрия измерения	бочка объёмом 200 л, $\varnothing 610 \times 870 \text{ мм}$
Диапазон измерения массы бочки	10 .. 500 кг
Скорость вращения поворотной платформы	не более 2 об./мин.
Удаление рабочего места оператора	До 1 км

# Блоки детектирования сцинтилляционные БДС-Г-В380

**Модели:** БДС-Г-В380-38x38, БДС-Г-В380-51x51, БДС-Г-В380-76x76



## Особенности

- Кристалл  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$   
 $\varnothing 38 \times 38$  ,  $\varnothing 51 \times 51$  ,  
 $\varnothing 76 \times 76$  мм
- Питание внешнее  
+5В



## Основные технические характеристики БДС-Г-В380

Диапазон регистрируемых энергий	0,05 ... 3 МэВ 0,05 ... 2 МэВ
Относительное энергетическое разрешение	не более 3,0%
Интегральная нелинейность	не более 0,3%
Временная нестабильность	не более 0,3%
Максимальная загрузка	не менее $1,5 \times 10^5 \text{ с}^{-1}$
Степень пылевлагозащиты	IP54
Рабочий диапазон температур	0 .. +50 °С

## Основная область применения БДС-Г-В380

### Спектрометр гамма-излучения сцинтилляционный «Гамма-1С»

#### Применение

#### Назначение

- **Идентификация радионуклидов**
- **Определение удельной активности**

- на атомных станциях - для контролю водных технологических сред АЭС
- на металлургических предприятиях - для обеспечения проведения выходного контроля металла на радиационную чистоту



---

**Сравнительные характеристики  
детекторов с кристаллами  
NaI(Tl) и LaBr<sub>3</sub>(Ce)  
однотипных размеров**



# Сравнение устройств детектирования с сцинтилляционными кристаллами **LaBr<sub>3</sub>(Ce)** и **NaI(Tl)**

Сравниваемые модели:

УДС-ГЦА-В380-38x38-RS и УДС-ГЦА-40x40-RS



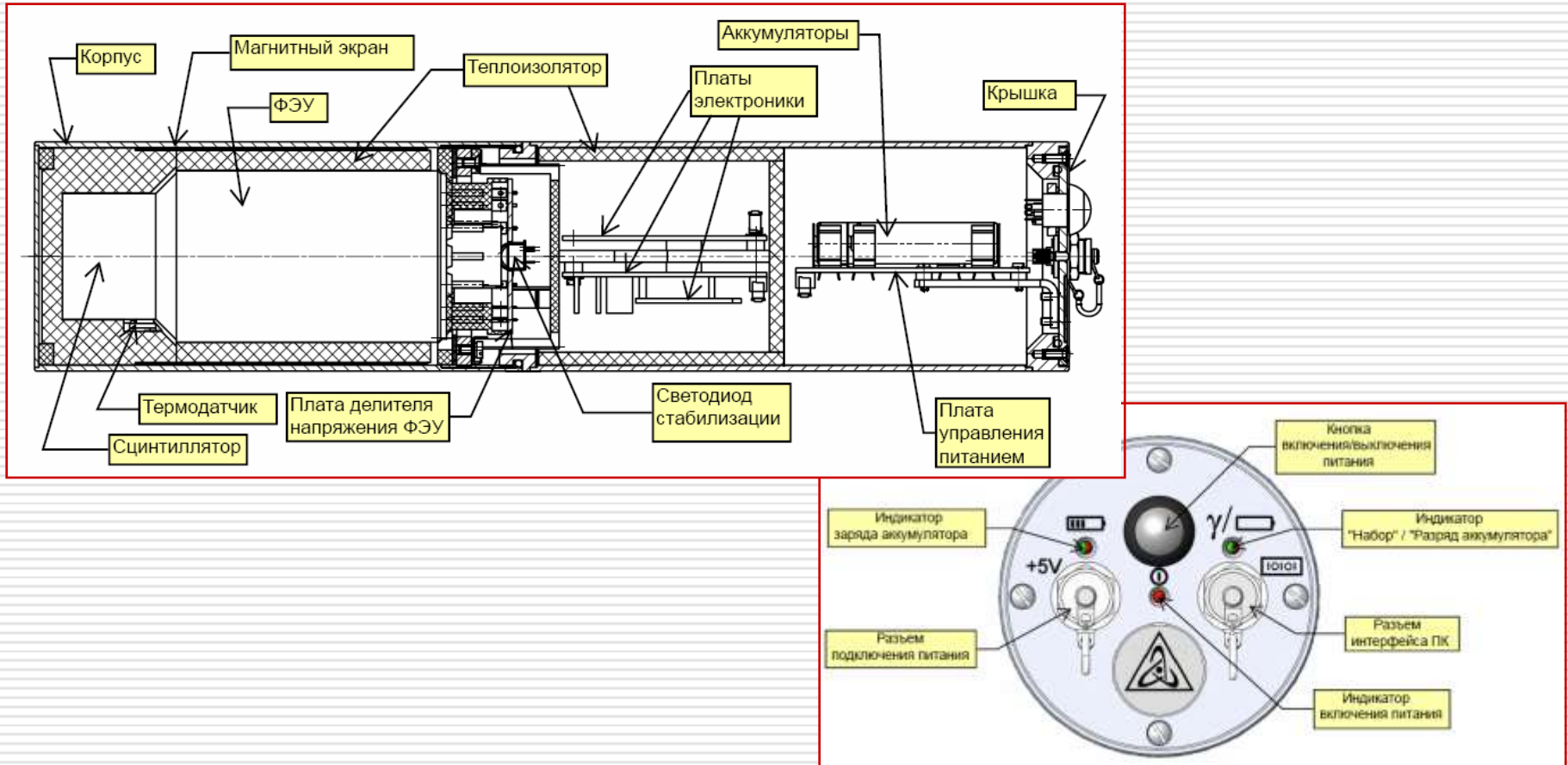
# Сравнение характеристик устройств детектирования с сцинтилляционными кристаллами **LaBr<sub>3</sub>(Ce)** и **NaI(Tl)**

Технические параметры	<b>УДС-ГЦА-40x40-RS</b>	<b>УДС-ГЦА-В380-38x38-RS</b>
Диапазон измеряемых энергий	0,05 ... 3 МэВ 0,05 ... 2 МэВ	0,05 ... 3 МэВ 0,05 ... 2 МэВ
Относительное энергетическое разрешение	не более 8,0%	не более 3,0%
Интегральная нелинейность	не более 0,5%	не более 0,3%
Временная нестабильность	не более 0,5%	не более 0,3%
Максимальная нагрузка	не менее $1,5 \times 10^5 \text{ с}^{-1}$	не менее $2,5 \times 10^5 \text{ с}^{-1}$
Время непрерывной работы от аккумулятора	не менее 10 ч	не менее 10 ч
Интерфейс линии связи	RS-232, RS-485, USB, Bluetooth	RS-232, RS-485, USB, Bluetooth
Скорость передачи по последовательному каналу	от 9,6 до 115,2 кбит/с	от 9,6 до 115,2 кбит/с
Степень пылевлагозащиты	IP54	IP54
Рабочий диапазон температур	-20 .. +50 °C	-20 .. +50 °C

# Структурная схема устройств детектирования

## Сравниваемые модели:

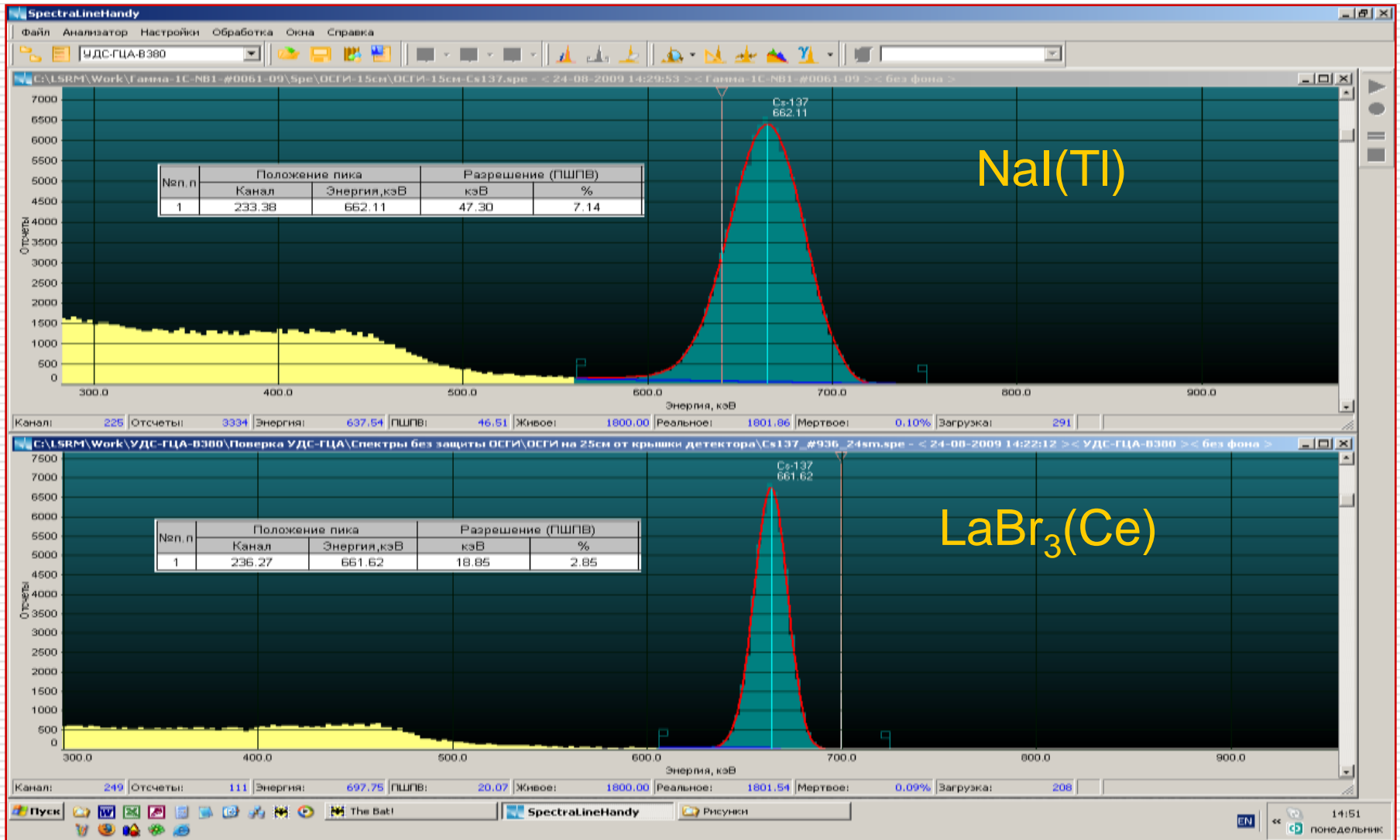
УДС-ГЦА-В380-38x38-RS ( $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ ) и УДС-ГЦА-40x40-RS ( $\text{NaI}(\text{Tl})$ )



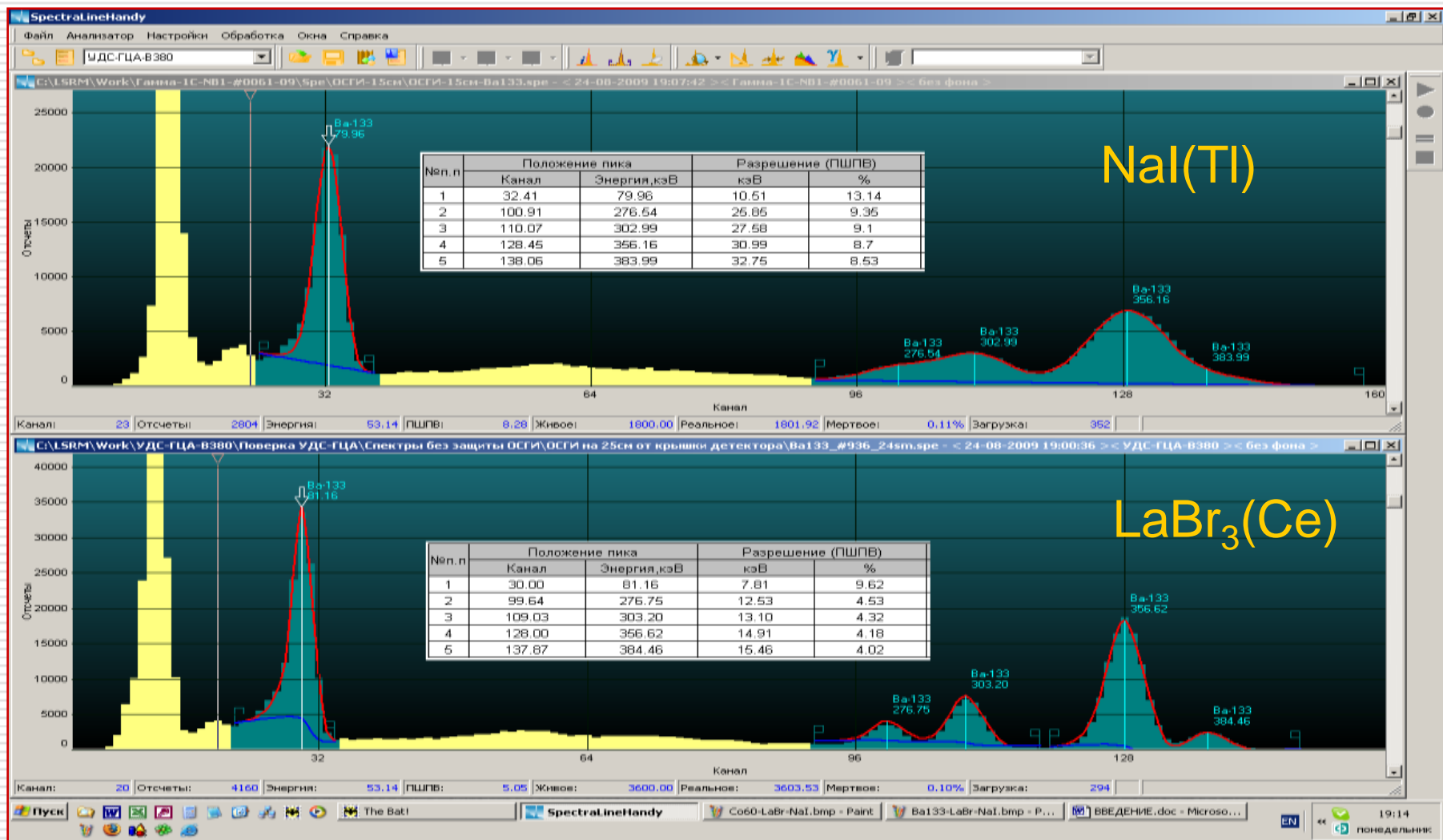
---

**Сравнительная реакция двух  
детекторов на ряд характерных  
ИЗОТОПОВ**

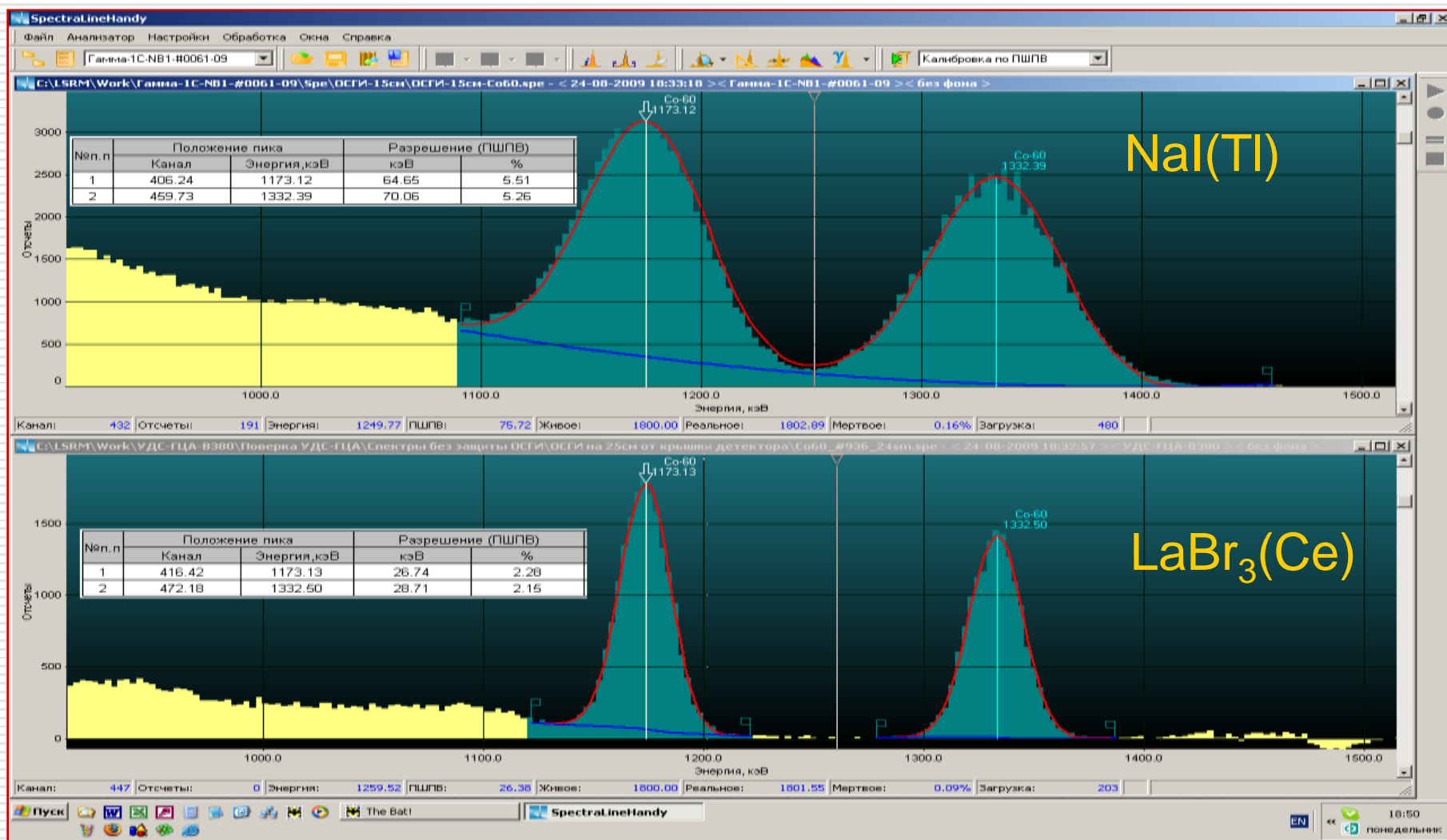
# Сравнение спектров $^{137}\text{Cs}$



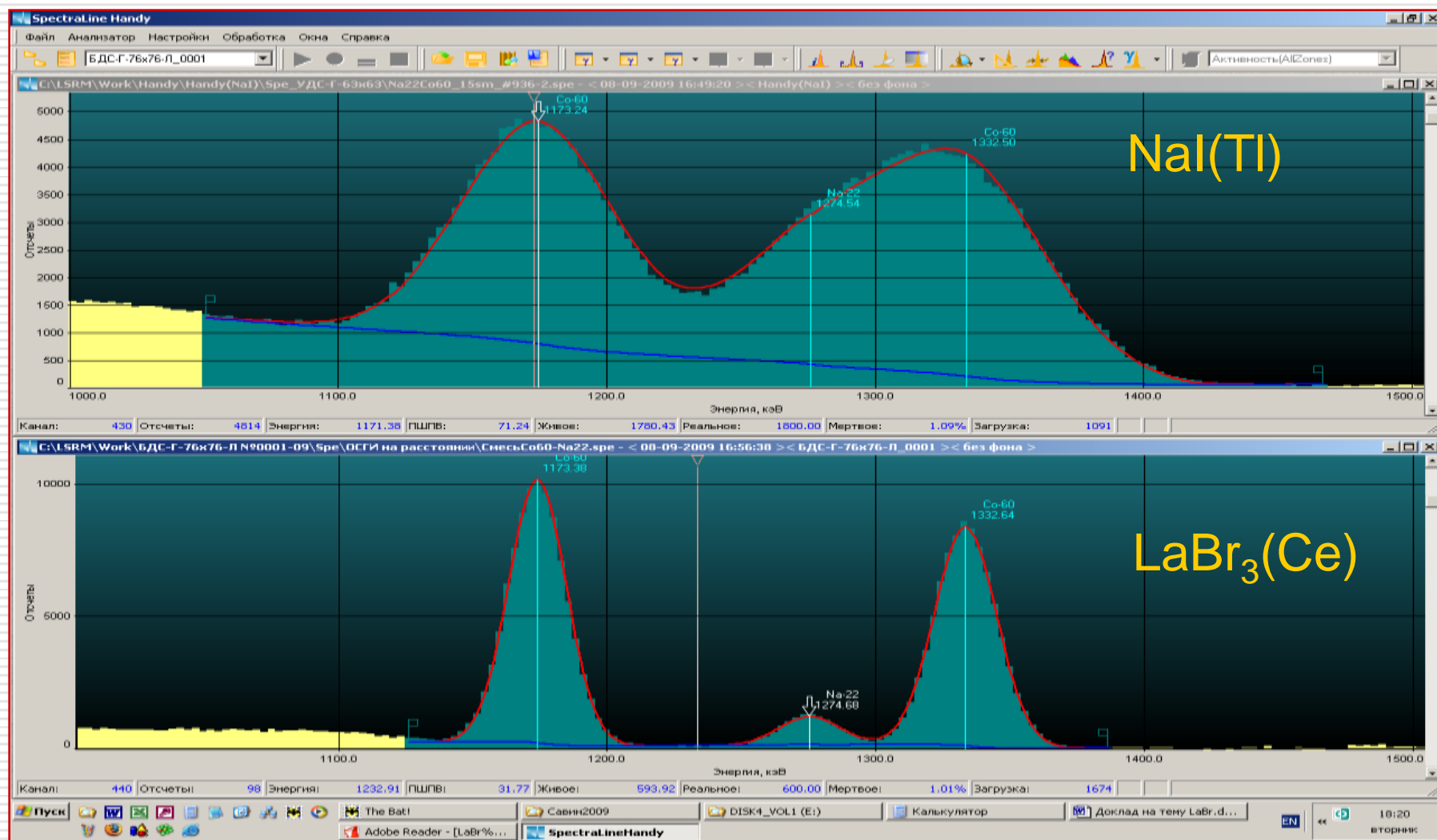
# Сравнение спектров $^{133}\text{Ba}$



# Сравнение спектров $^{60}\text{Co}$

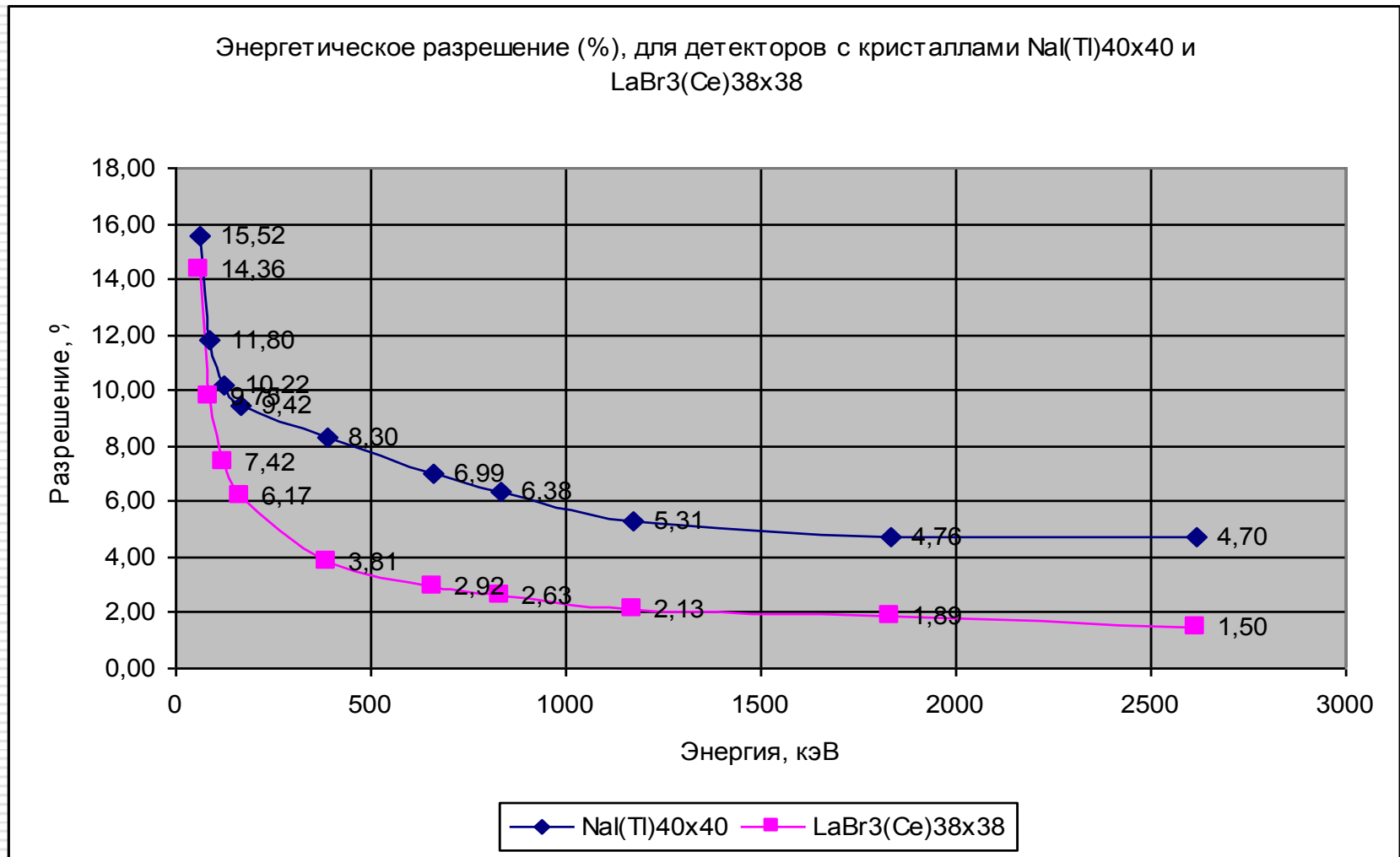


# Сравнение спектров $^{60}\text{Co}+^{22}\text{Na}$





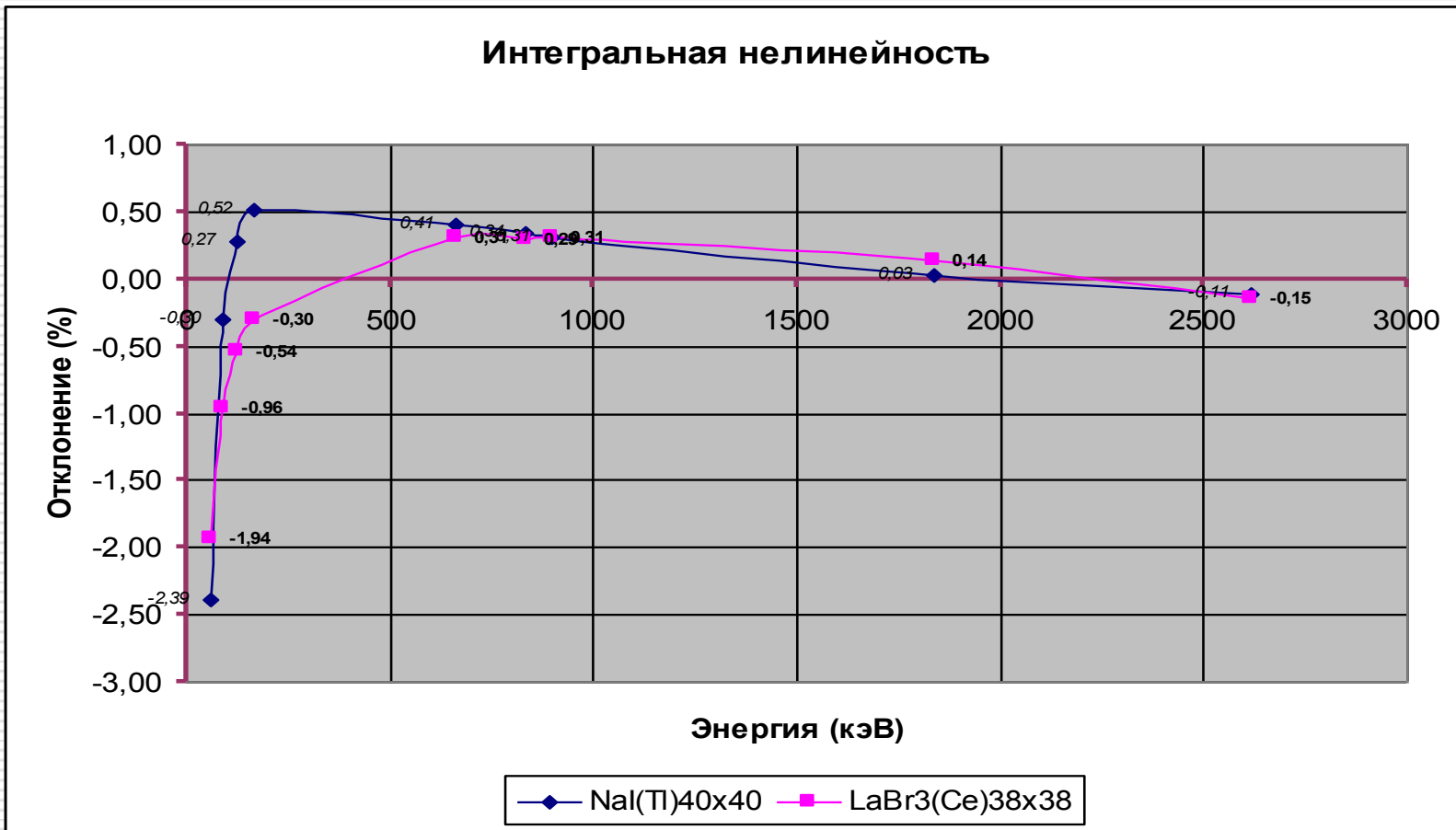
# Зависимость энергетического разрешения от энергии для кристаллов **LaBr<sub>3</sub>(Ce)** и **NaI(Tl)**



# Зависимость энергетического разрешения от энергии для кристаллов **LaBr<sub>3</sub>(Ce)** и **NaI(Tl)**

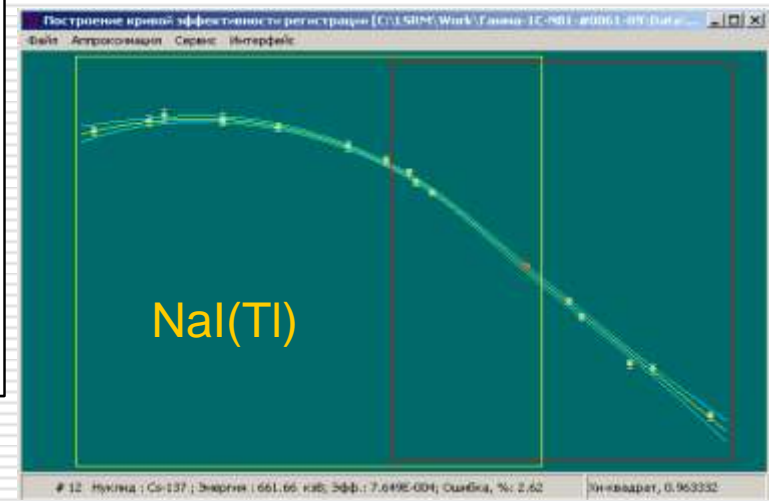
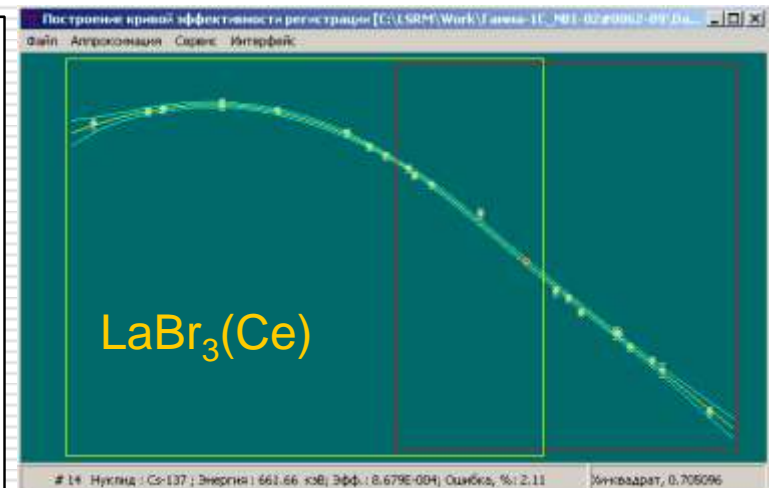
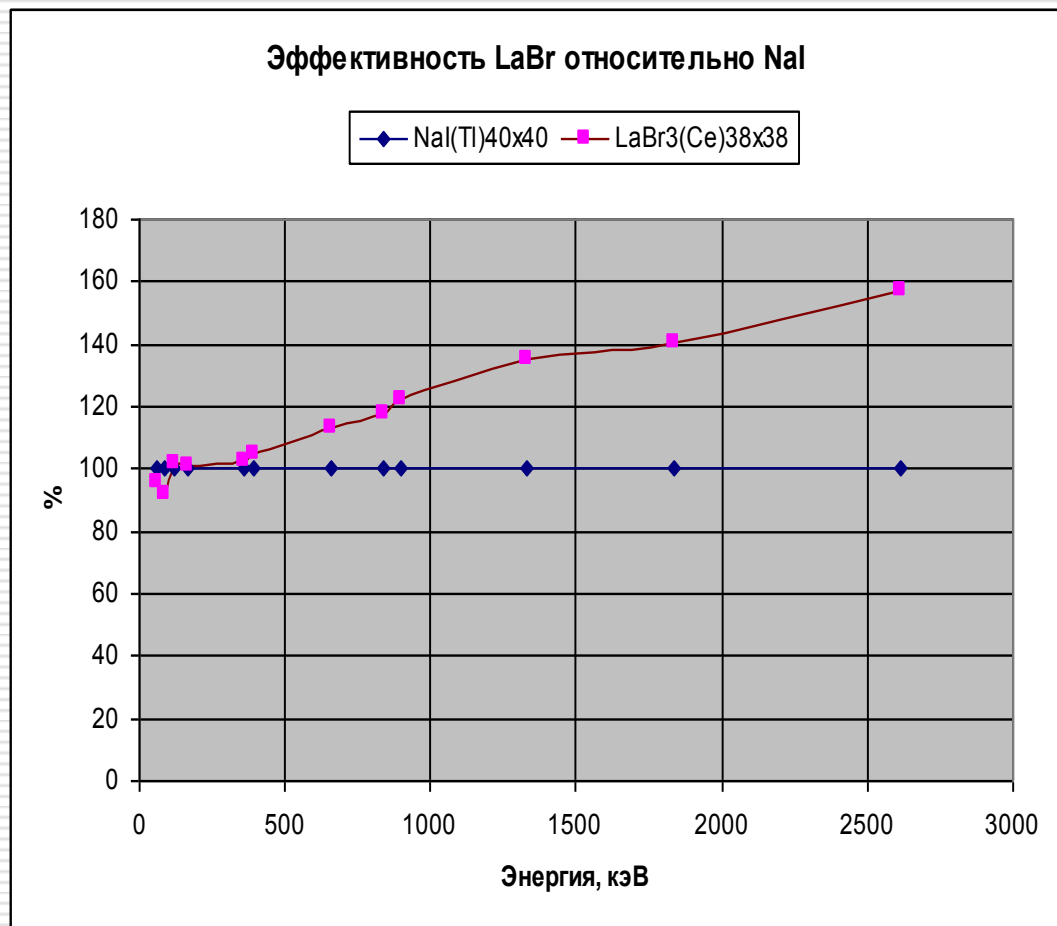
Нуклид	Энергия, кэВ	Разрешение, %		Коэффициент улучшения
		NaI(Tl) 40x40	LaBr3(Ce) 38x38	
Am-241	59,54	15,52	14,36	1,1
Cd-109	88,03	11,80	9,75	1,2
Eu-152	121,78	10,22	7,42	1,4
Ce-139	165,86	9,42	6,17	1,5
Sn-113	391,7	8,30	3,81	2,2
Cs-137	661,66	6,99	2,92	2,4
Mn-54	834,85	6,38	2,63	2,4
Co-60	1173,24	5,31	2,13	2,5
Y-88	1836,07	4,76	1,89	2,5
Th-228	2614,53	4,70	1,50	3,1

# Интегральная нелинейность



59,537
88,034
122,06
165,853
661,66
834,85
898,042
1836,063
2614,53

# Эффективность регистрации



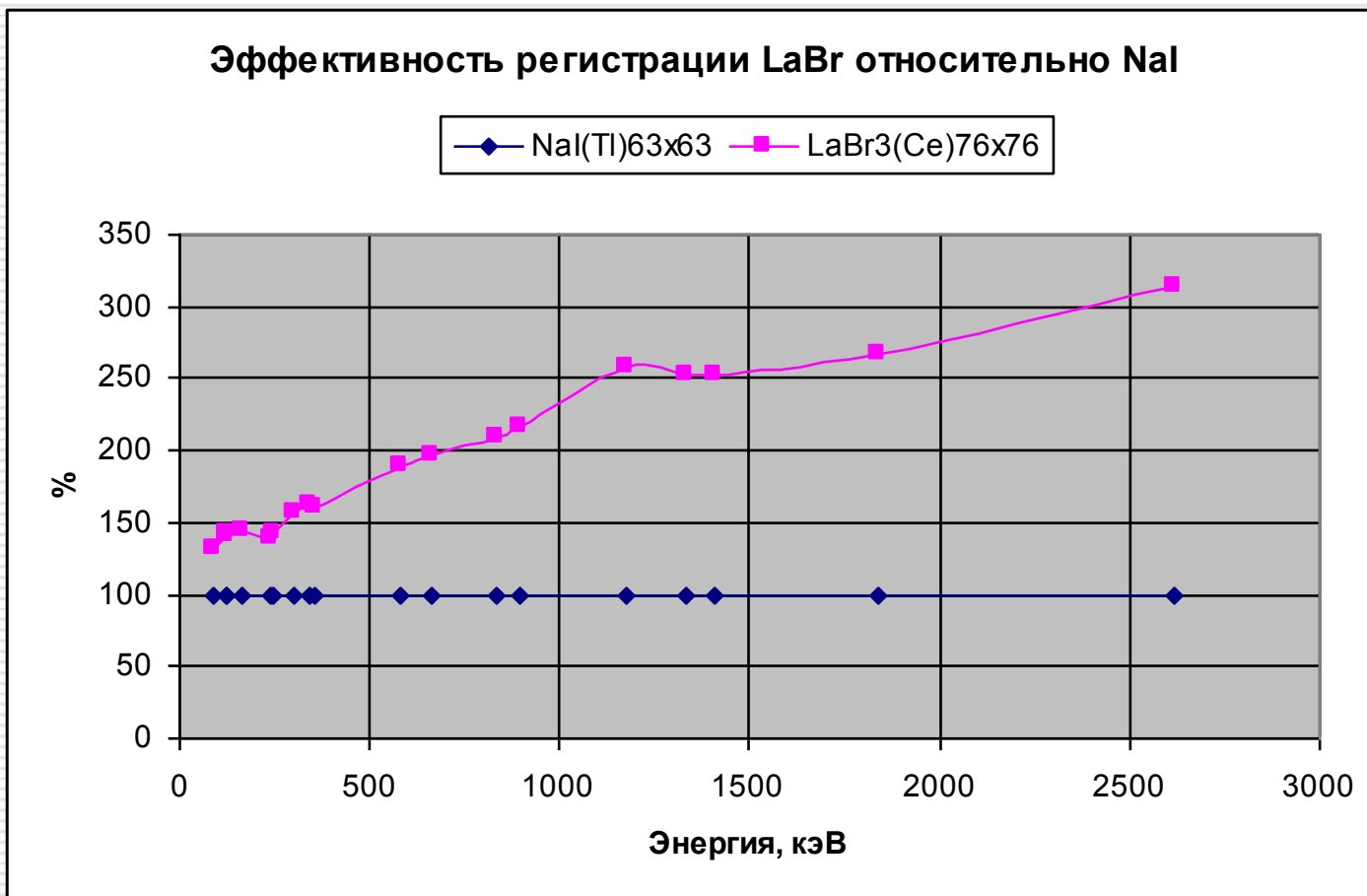
LaBr<sub>3</sub>(Ce), ρ=5,08 г/см<sup>3</sup> ; NaI(Tl), ρ=3,67 г/см<sup>3</sup>

# Эффективность регистрации

Сравнительная таблица эффективности регистрации  
(для источника типа ОСГИ, расстояние источник-детектор 15 см)

Изотоп	Энергия, кэВ	Эффективность NaI(Tl) 40x40 ( $\rho=3,67$ г/см <sup>3</sup> )	Эффективность LaBr <sub>3</sub> (Ce) 38x38 ( $\rho=5,08$ г/см <sup>3</sup> )	Относительная эффективность
Am-241	59,541	2,48E-03	2,38E-03	0,96
Cd-109	88,034	2,86E-03	2,63E-03	0,92
Eu-152	121,782	2,72E-03	2,77E-03	1,02
Ce-139	165,858	2,58E-03	2,60E-03	1,01
Ba-133	356,013	1,59E-03	1,63E-03	1,02
Sn-113	391,698	1,45E-03	1,52E-03	1,05
Cs-137	661,657	7,65E-04	8,68E-04	1,13
Mn-54	834,848	5,61E-04	6,61E-04	1,18
Y-88	898,042	4,90E-04	5,98E-04	1,22
Co-60	1332,492	3,12E-04	4,21E-04	1,35
Y-88	1836,063	2,05E-04	2,89E-04	1,40
Th-228	2614,533	1,24E-04	1,95E-04	1,57

# Эффективность регистрации



$\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ ,  $\rho=5,08 \text{ г/см}^3$ ;  $\text{NaI}(\text{Tl})$ ,  $\rho=3,67 \text{ г/см}^3$

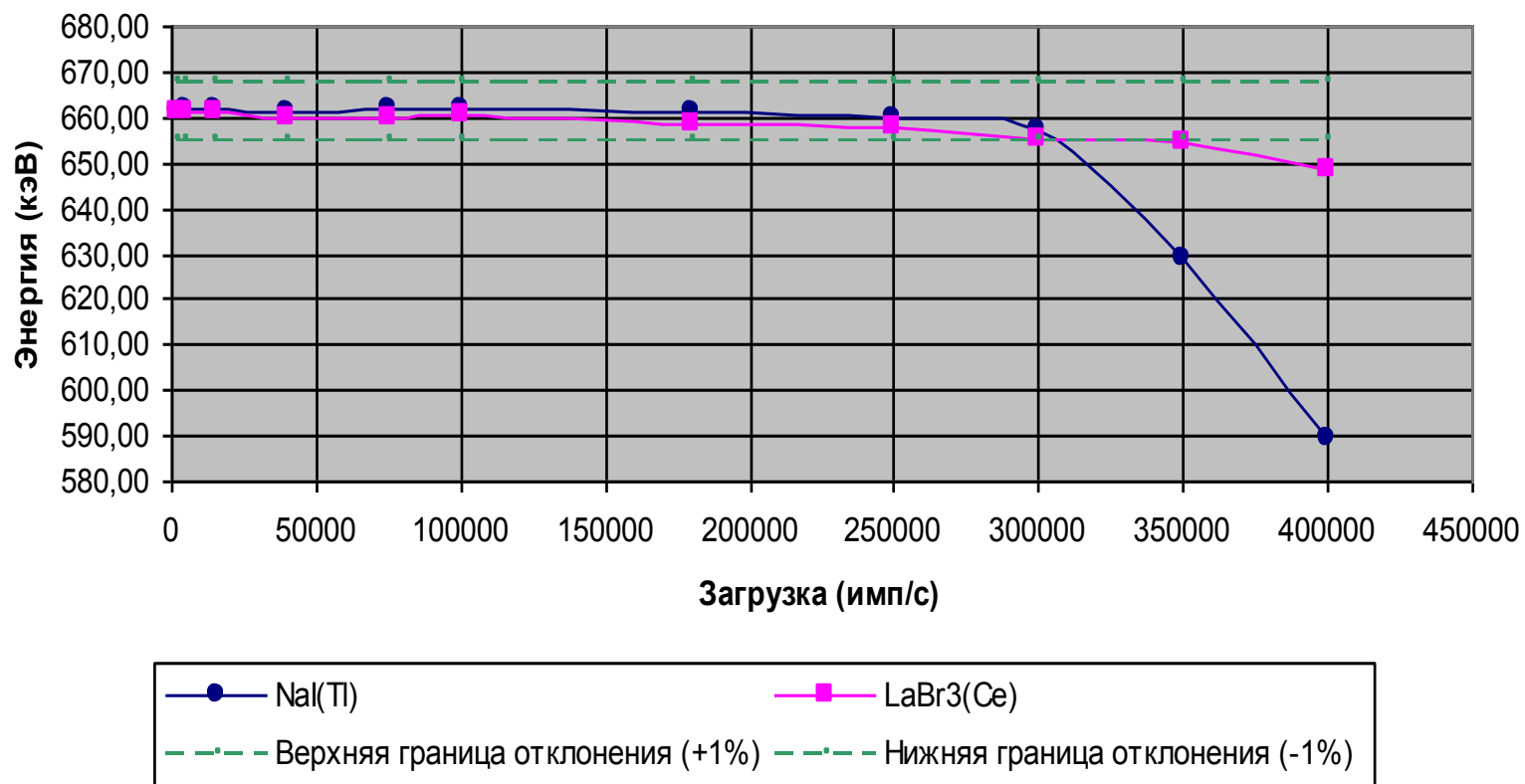
# Эффективность регистрации

Сравнительная таблица эффективности регистрации  
(для источника типа ОСГИ, расстояние источник-детектор 15 см)

Изотоп	Энергия, кэВ	Эффективность LaBr <sub>3</sub> (Ce) 76x76	Эффективность NaI(Tl) 63x63	Относительная эффективность
Cd-109	88,034	1,01E-02	7,72E-03	1,31
Co-57	122,061	1,03E-02	7,25E-03	1,42
Ce-139	165,858	9,86E-03	6,87E-03	1,44
Eu-152	344,279	8,07E-03	4,99E-03	1,62
Cs-137	661,657	5,66E-03	2,86E-03	1,98
Mn-54	834,848	4,72E-03	2,26E-03	2,09
Y-88	898,042	4,36E-03	2,01E-03	2,17
Co-60	1332,492	3,48E-03	1,37E-03	2,53
Y-88	1836,063	2,67E-03	9,99E-04	2,67
Th-228	2614,533	2,10E-03	6,69E-04	3,14

# Максимальная нагрузка

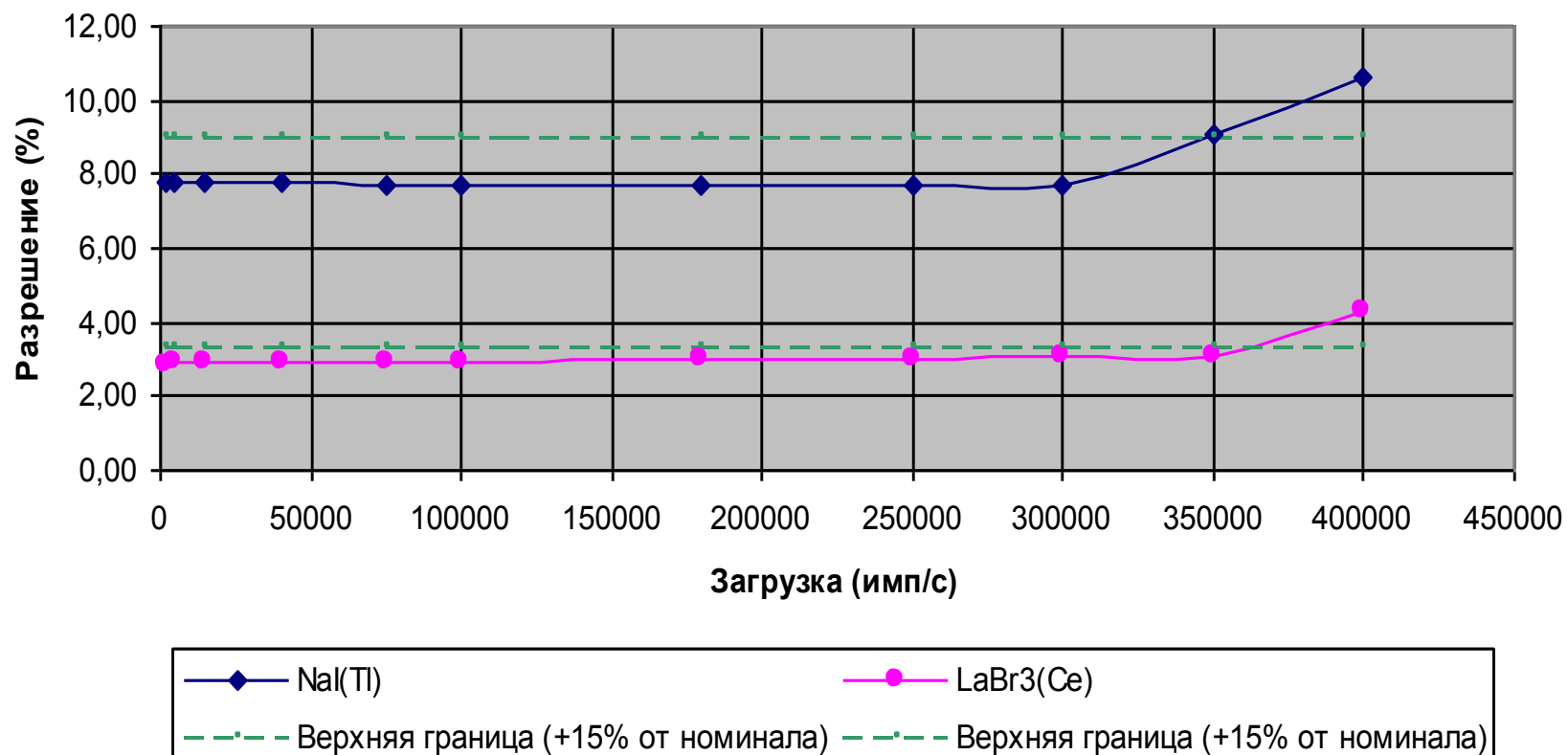
Отклонение положения пика с энергией 661,66 кэВ для NaI и LaBr, от роста нагрузки





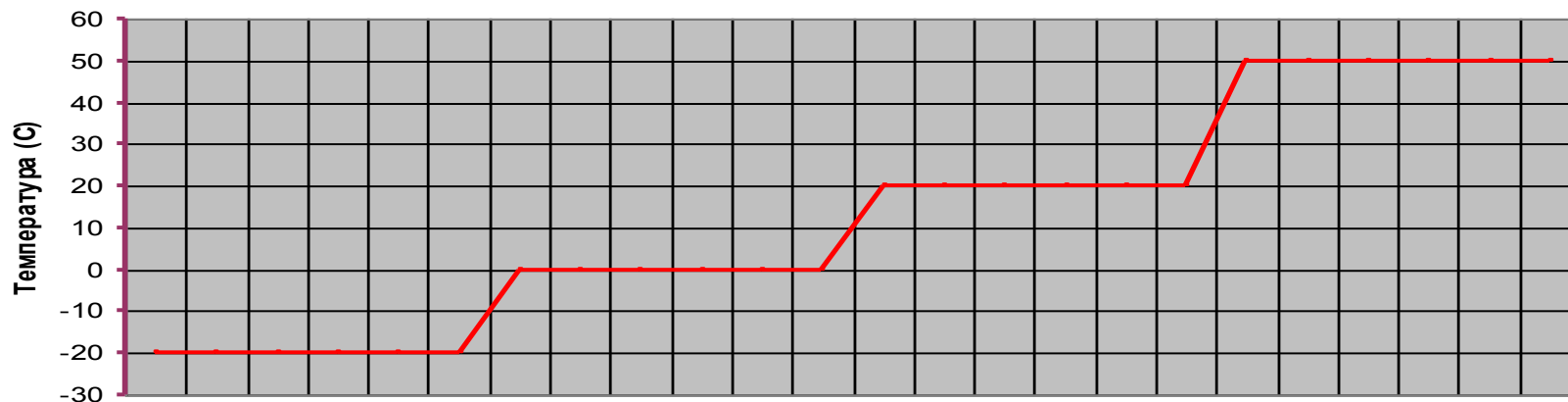
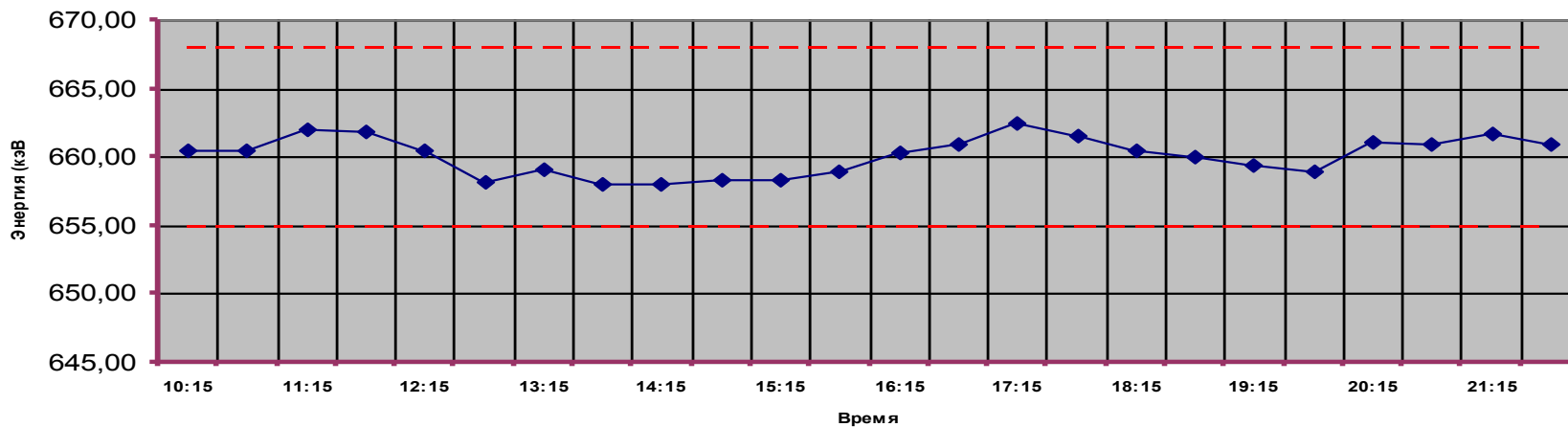
# Максимальная нагрузка

## Изменение разрешения от загрузки для NaI (7.8%) и LaBr (2.9%)

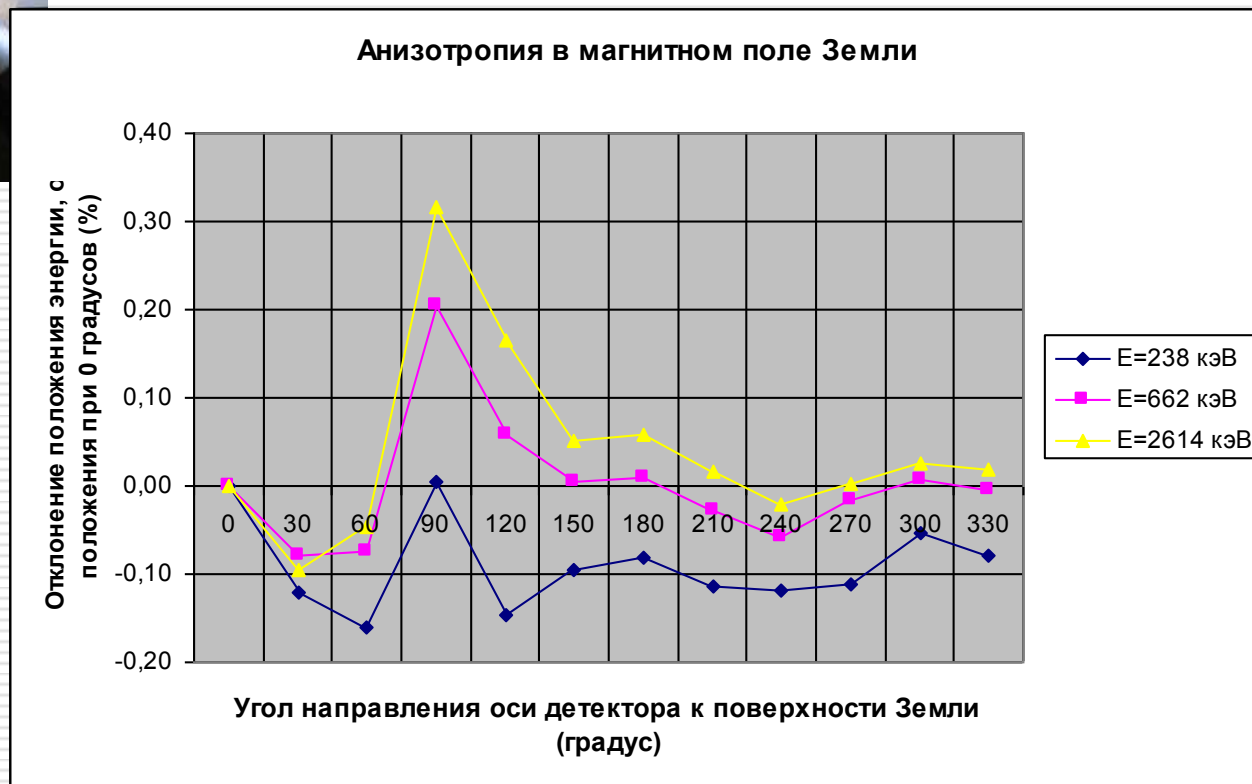
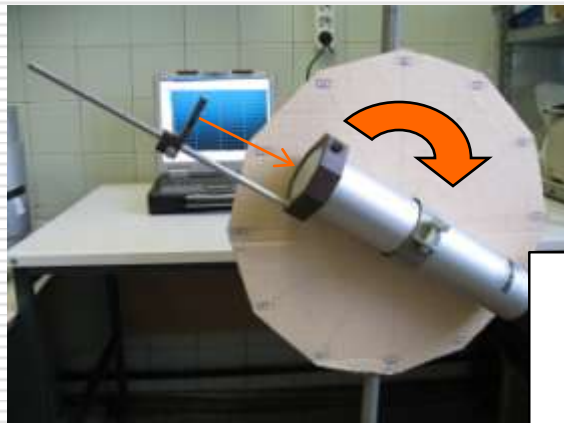


# Температурная зависимость

Положение пика 662 кэВ (Cs-137),  
в зависимости от внешней температуры



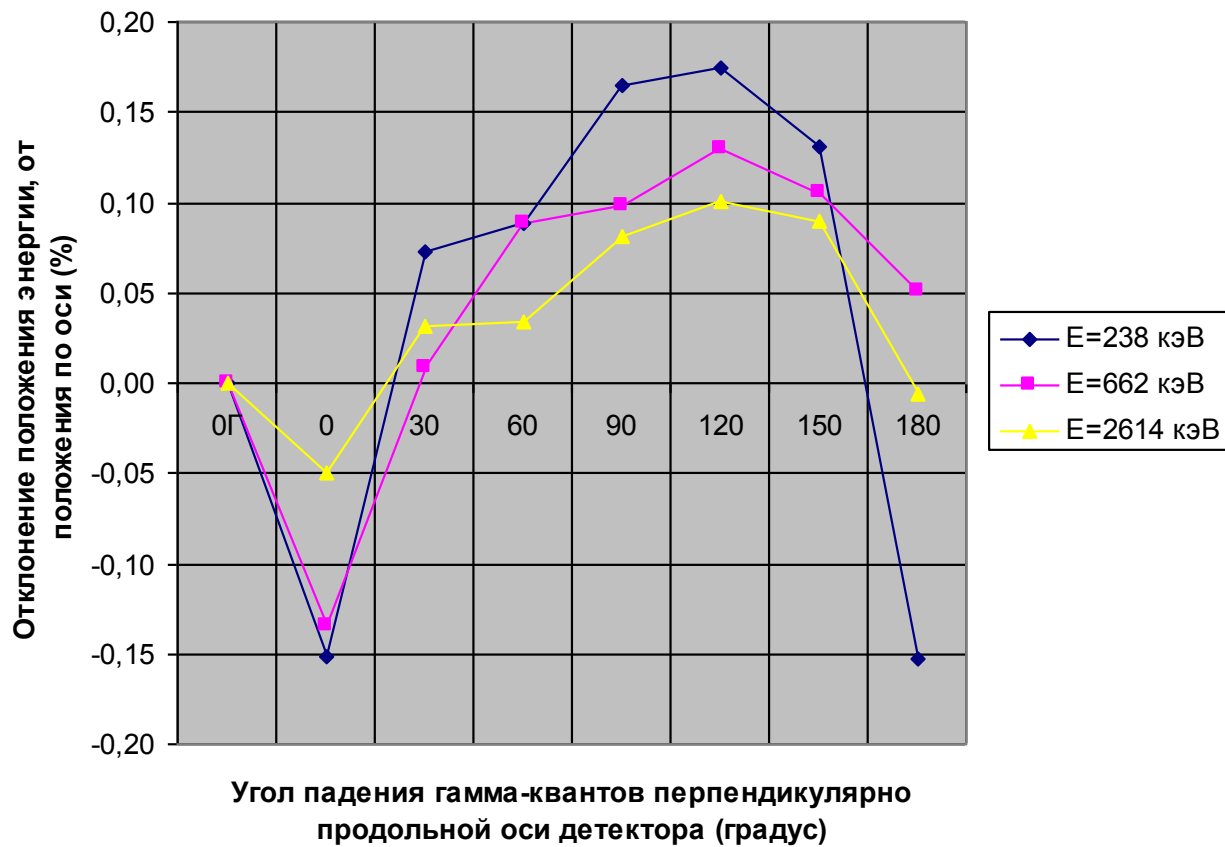
# Анизотропия



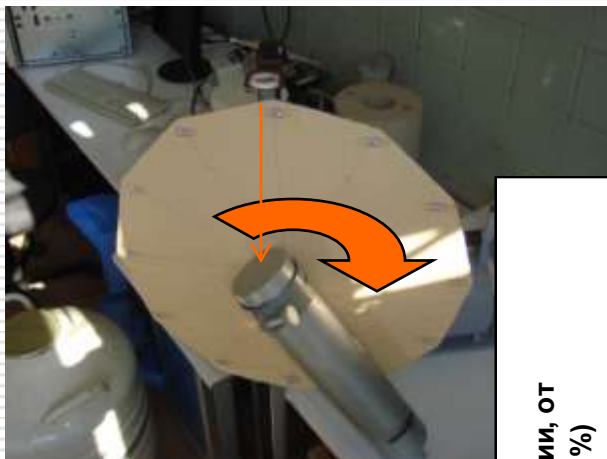
# Анизотропия



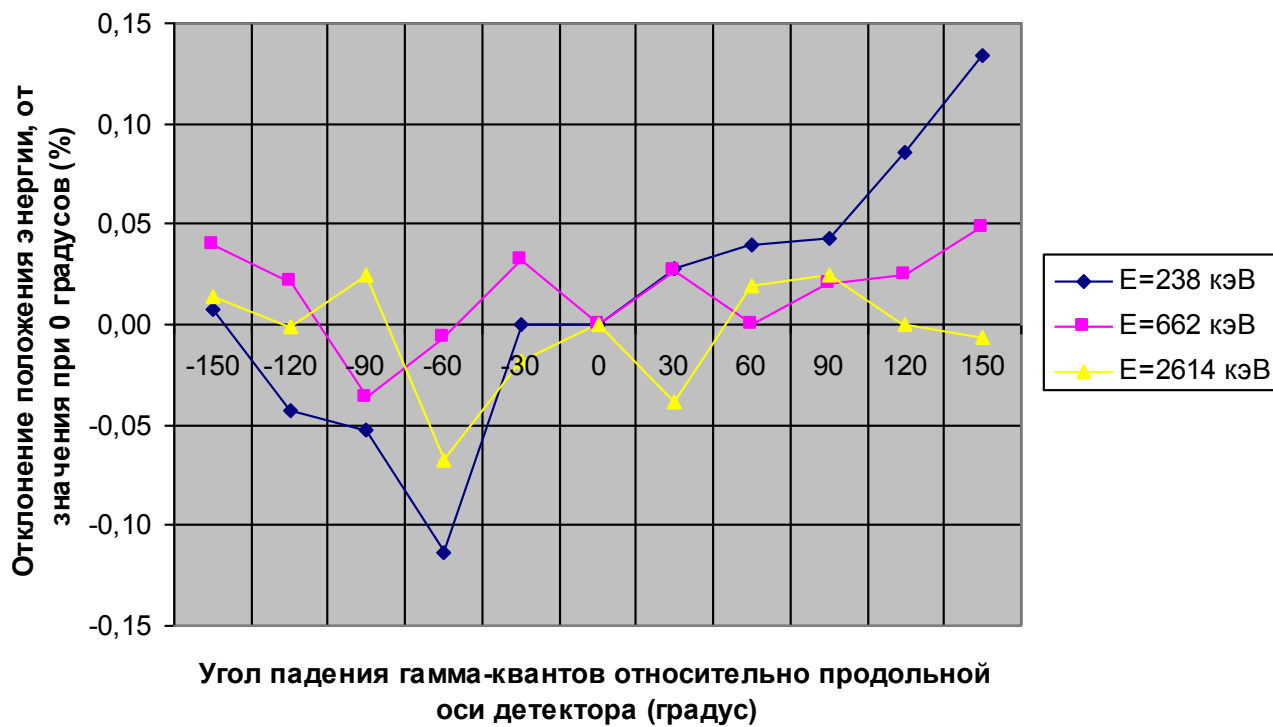
Анизотропия в вертикальной плоскости



# Анизотропия

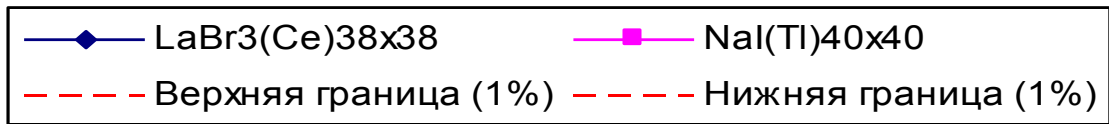
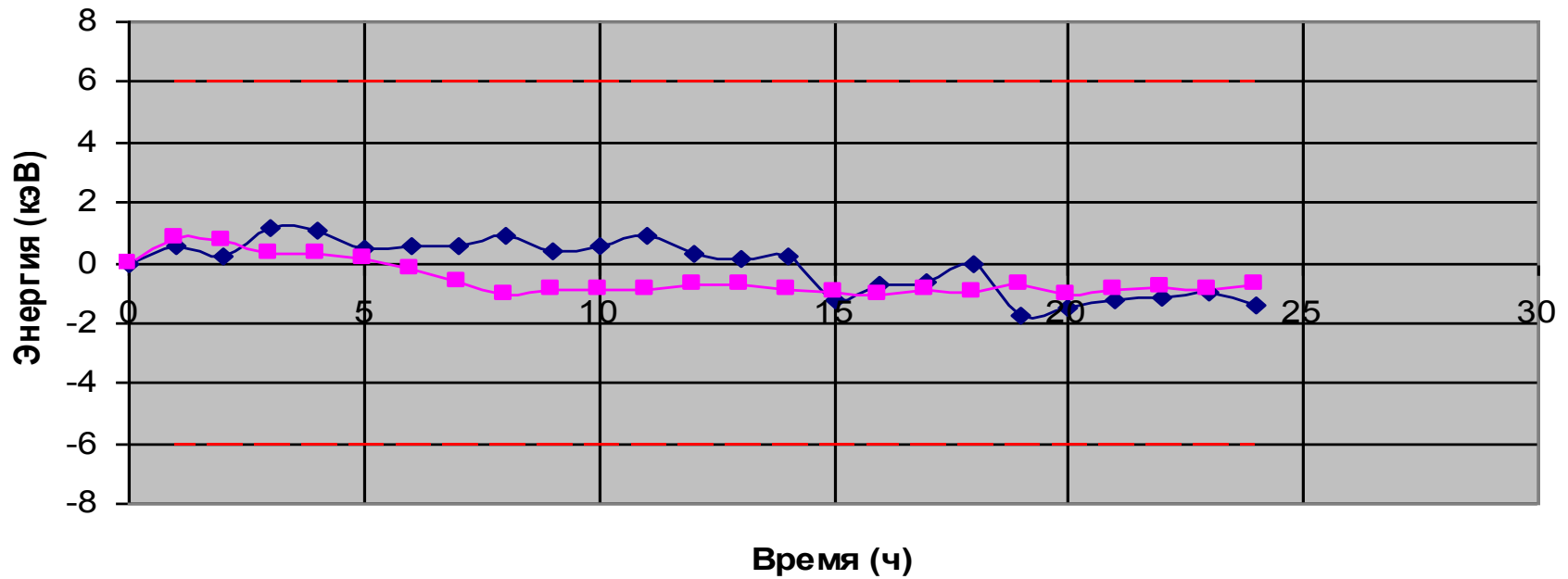


### Анизотропия в горизонтальной плоскости



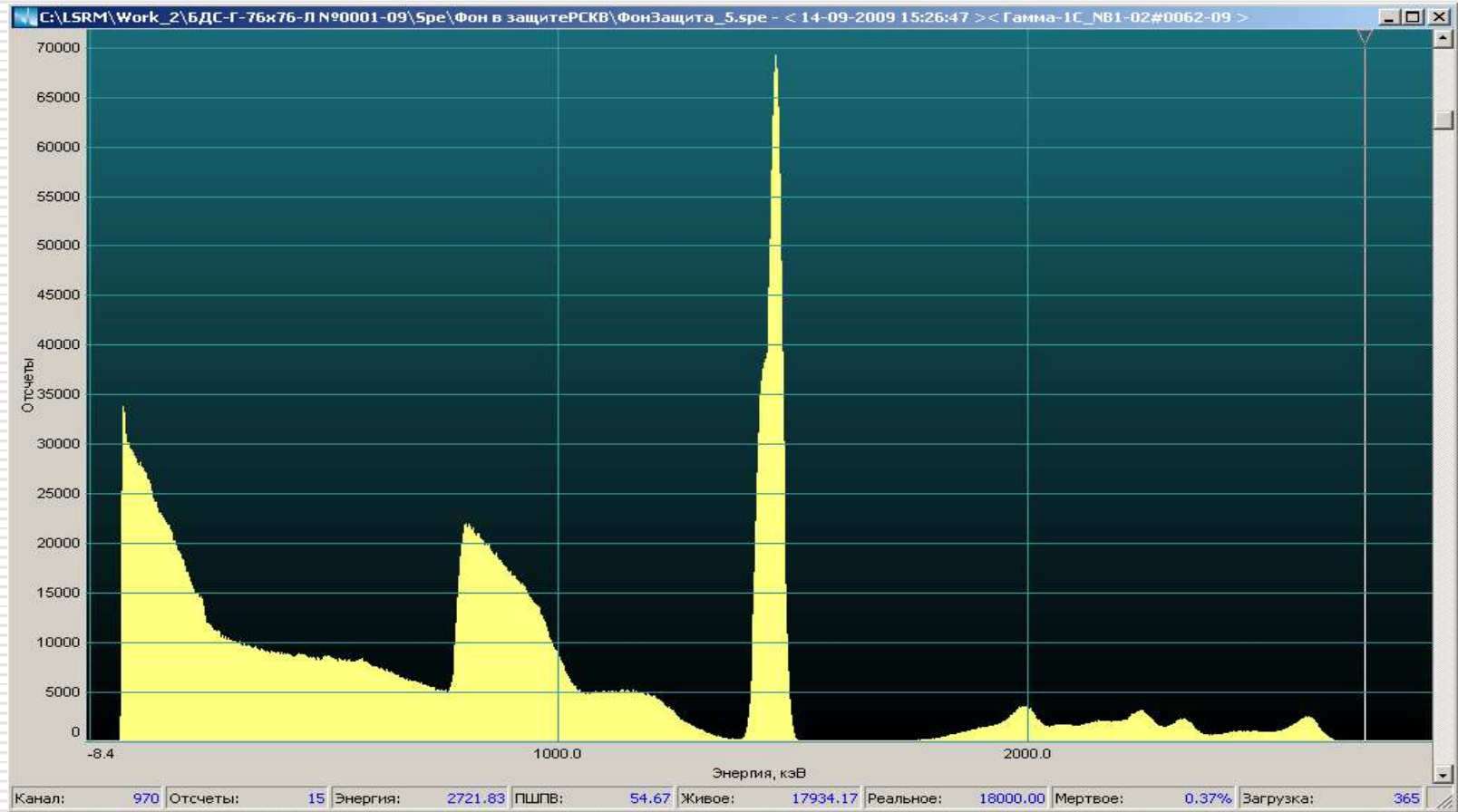
# Временная нестабильность

**Временная нестабильность за 24 часа  
(для пика Cs-137, 662 кэВ, составляет не более 0,3%)**

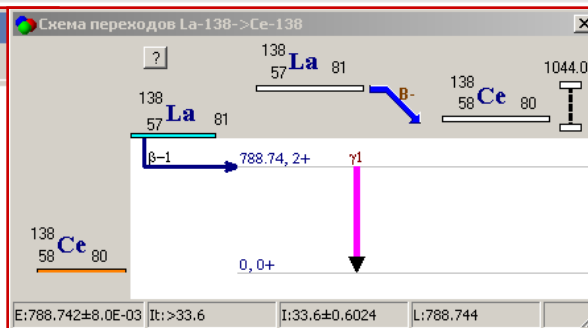
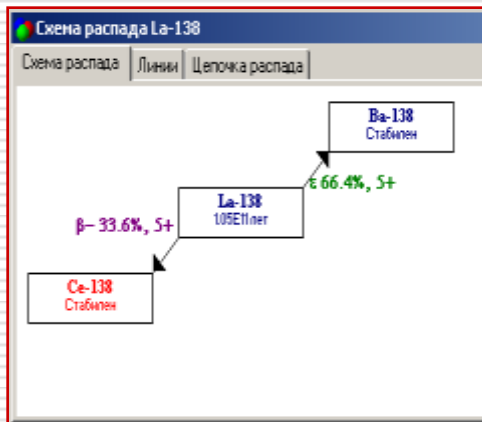


# Характерное радиоактивное загрязнение месторождений лантаноидов

Характерный собственный фон кристаллов  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$   
(энергетическая область 70 – 3000 кэВ)



# Схема распада $^{138}\text{La}$

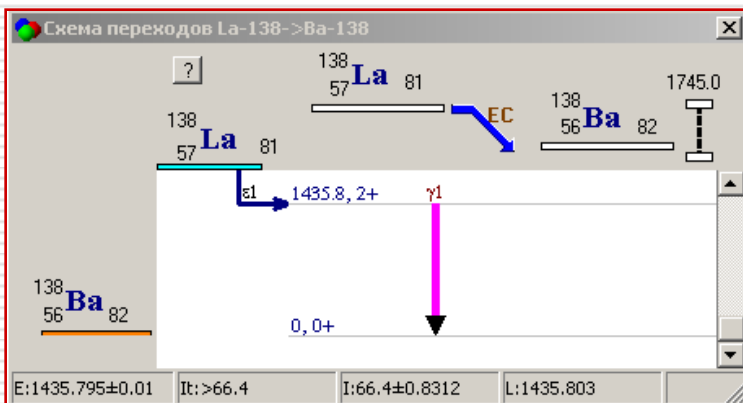


Список переходов, уровней и линий

Гамма		Бета			
N°	С уровня	Энергия, кэВ	Интенсивн. перехода	Интенсивн. излучения	Кэф. конверсии
1	788.744	$788.742 \pm 8.0E-03$	$>33.6$	$33.6 \pm 0.6024$	0.0E00
		4.47		$6.7 \pm 1.7$	X
		$31.8171 \pm 3.0E-04$		$10.98 \pm 0.17$	X
		36.4		$7.37 \pm 0.17$	X
		$32.1936 \pm 3.0E-04$		$20.3 \pm 0.3$	X

Список переходов, уровней и линий

Гамма		Бета	
N°	Тип	Энергия, кэВ	Интенсивн.
1	$\beta^-$	$252.0 \pm 12.0$	$33.643 \pm 0.717$



Список переходов, уровней и линий

Гамма		Эл. захват	
N°	Энергия, кэВ	Интенсивн.	
1	$309.197 \pm 5.001$	$66.5753 \pm 0.8349$	

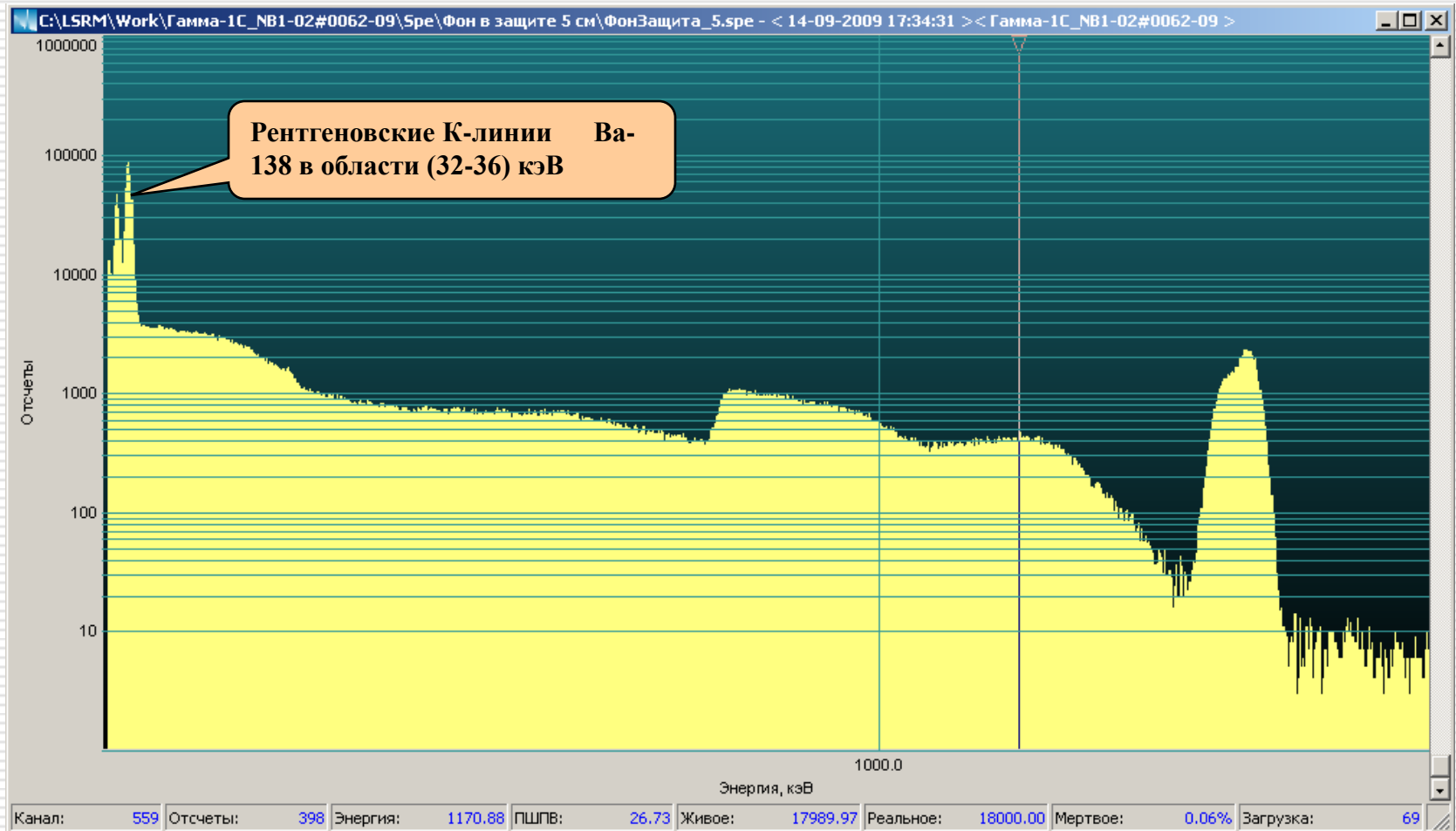
Список переходов, уровней и линий

Гамма		Эл. захват			
N°	С уровня	Энергия, кэВ	Интенсивн. перехода	Интенсивн. излучения	Кэф. конверсии
1	1435.803	$1435.795 \pm 0.01$	$>66.4$	$66.4 \pm 0.8312$	0.0E00
		4.47		$6.7 \pm 1.7$	X
		$31.8171 \pm 3.0E-04$		$10.98 \pm 0.17$	X
		36.4		$7.37 \pm 0.17$	X
		$32.1936 \pm 3.0E-04$		$20.3 \pm 0.3$	X



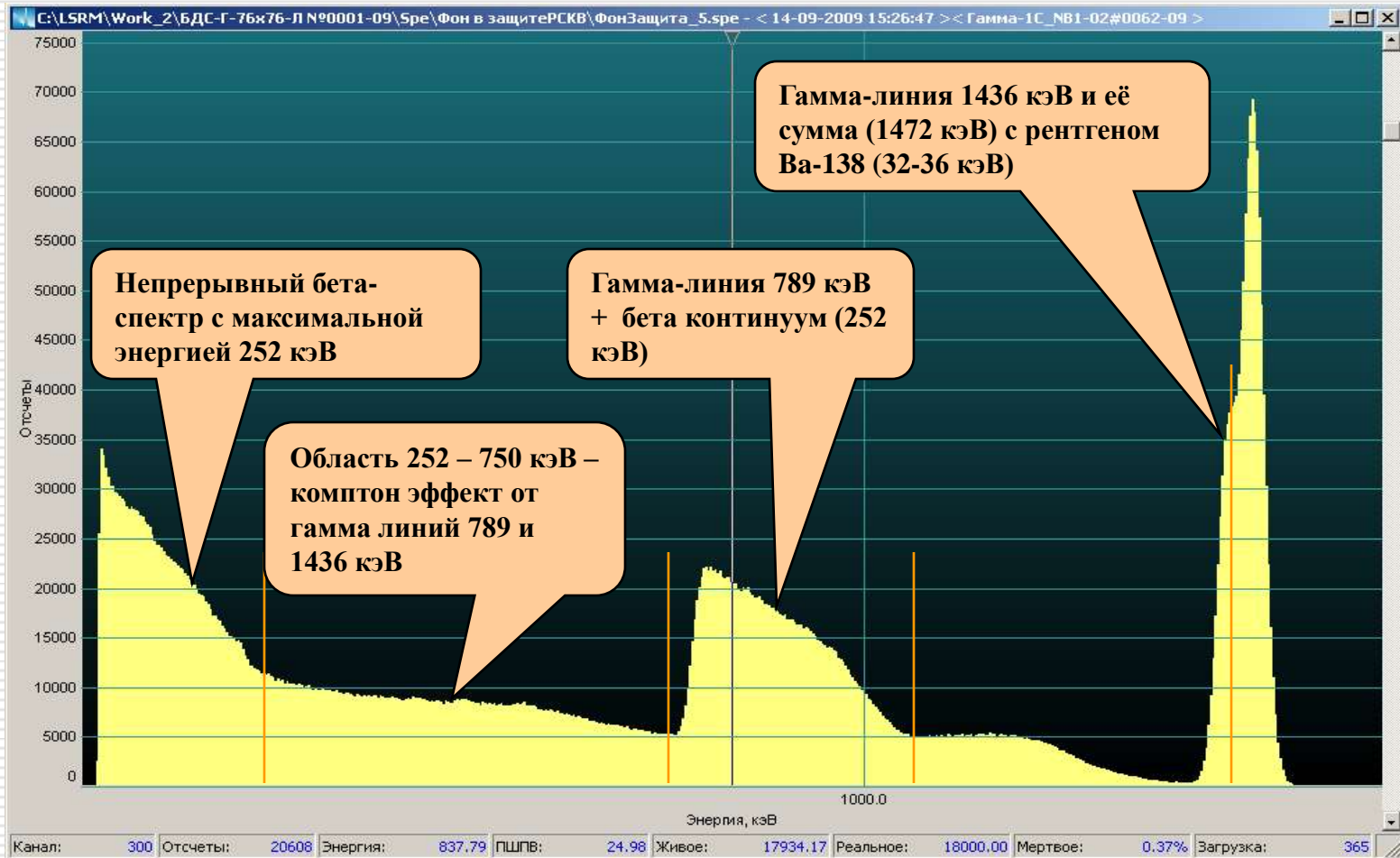
# Собственный фон кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 38x38 (для энергетической области 10 – 1600 кэВ)

Собственный фон детектора за 5 часов в защите (с толщиной стенки - 5 см свинца).



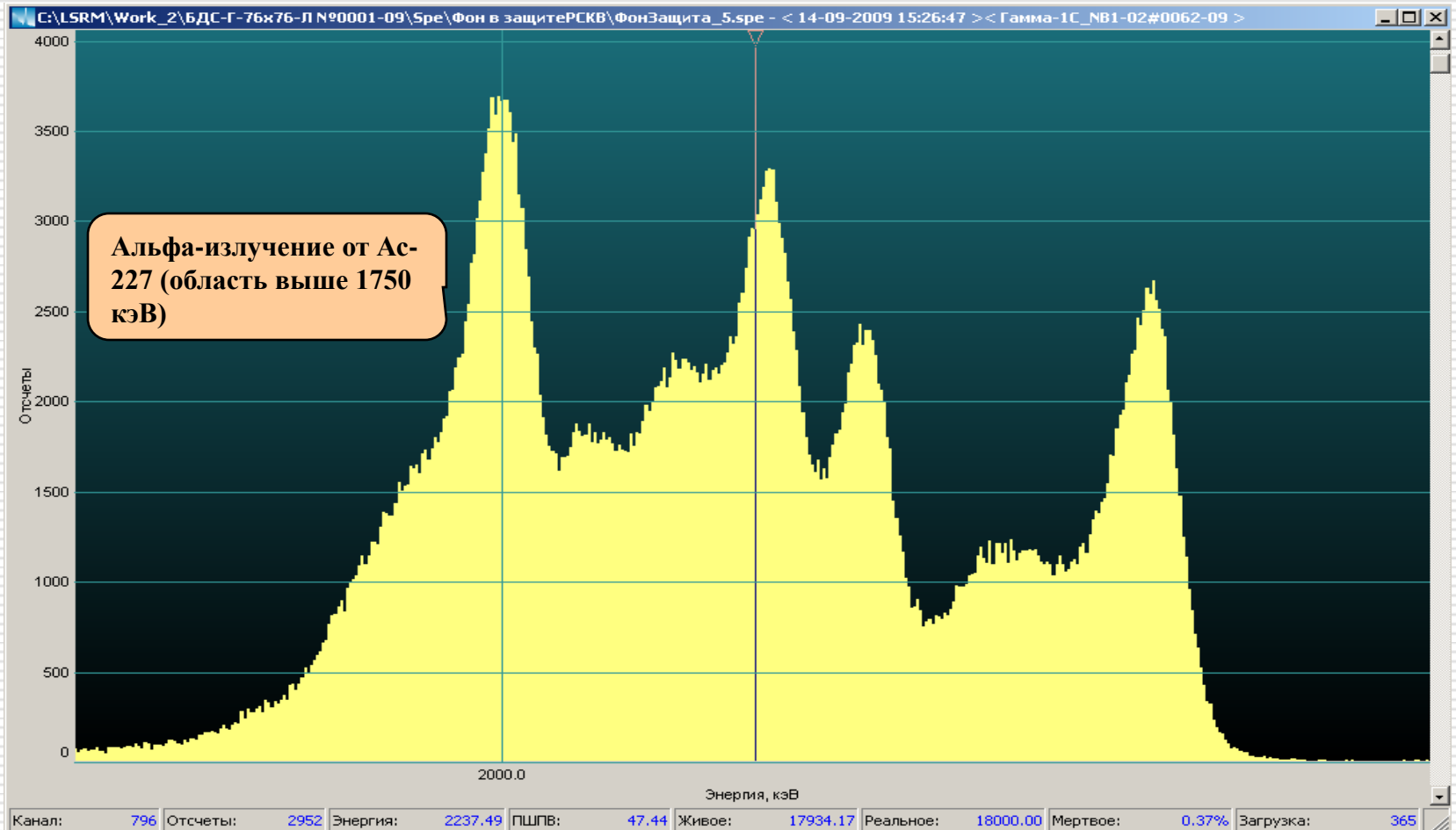
# Собственный фон кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 76x76 (для энергетической области 70 – 1600 кэВ)

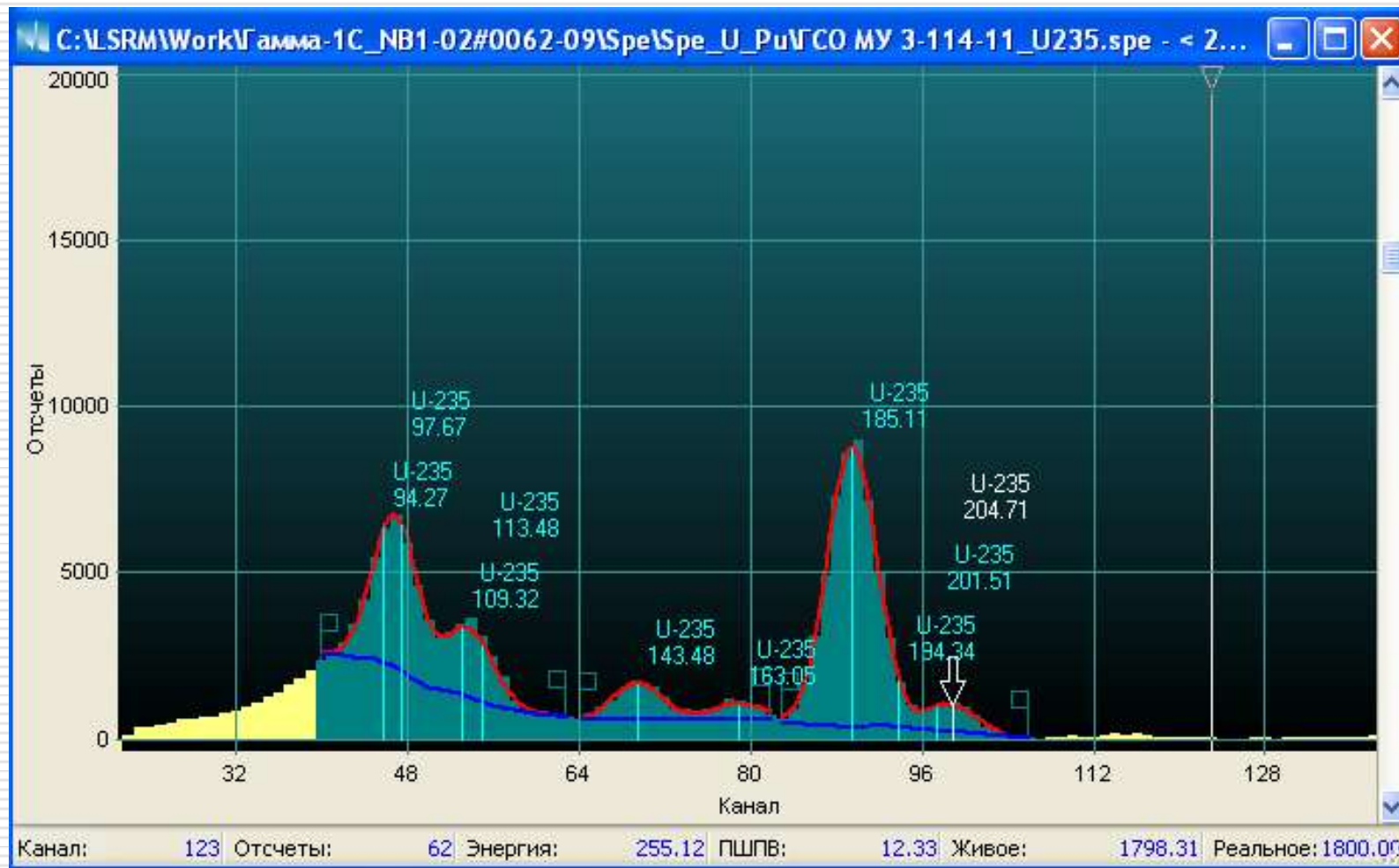
Собственный фон детектора за 5 часов в защите (с толщиной стенки - 5 см свинца).



# Собственный фон кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 76x76 (для энергетической области 1600 - 2900 кэВ)

## Альфа-излучение от $^{227}\text{Ac}$







**Спасибо  
за  
внимание!**

